

# BEST AVAILABLE COPY

Partial English Translation of Japanese Patent Application  
Laid-open No. Hei 5-160429

(57) [Abstract]

[Object]

To achieve a high sensitivity of an infrared detector having a type-II superlattice structure by increasing an absorption coefficient.

[Structure]

In a type-II superlattice structure in which spatial indirect transition occurs, wave functions of an electron and a positive hole are separated from each other. When the level of potential energy of the electron is continuously changed from low to high by controlling a composition in one thin film layer, the electrons and the positive holes in one layer are localized at different interfaces. When the level of potential energy is changed periodically, a sawtooth potential structure is formed; overlapping regions of the wave functions of the electron and the positive hole in adjacent layers near the interfaces become large; an optical transition probability increases; and an absorption coefficient increases. When a layer having this superlattice structure is used as a light absorbing layer, a high-sensitivity infrared

detector can be obtained.

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-160429

(43)公開日 平成5年(1993)6月25日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 31/10				
C 3 0 B 29/68		7821-4G		
G 0 1 J 1/02	R	7381-2G		
		8422-4M	H 0 1 L 31/ 10	A
		7210-4M	27/ 14	K
審査請求 未請求 請求項の数1(全 4 頁) 最終頁に続く				

(21)出願番号 特願平3-323533

(22)出願日 平成3年(1991)12月9日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 味澤 昭

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

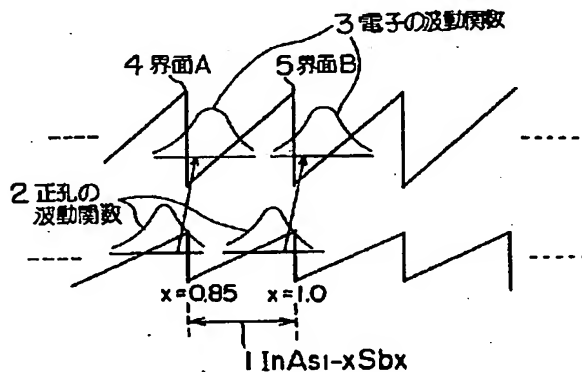
(74)代理人 弁理士 岩佐 義幸

(54)【発明の名称】 赤外線検知器

(57)【要約】

【目的】 タイプIIの超格子構造を用いた赤外線検知器において、吸収係数を大きくすることにより高感度化を実現する。

【構成】 空間的な間接遷移をもつタイプIIの超格子構造では電子と正孔の波動関数は別々のところにある。ひとつの薄膜層の中で、組成を制御することにより電子に対するポテンシャルエネルギーを低い方から高い方へと徐々に変化させると、ひとつの層の中では電子と正孔は別々の界面のところに局在する。これに周期性をもたせるとポテンシャル構造は鋸刃状になり、界面近傍では隣合う層の電子と正孔の波動関数の重なりが大きくなり、光学的な遷移確率が増し、吸収係数の増大をもたらす。この超格子構造の層を光吸収層とすればより高感度の赤外線検知器が得られる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体超格子のタイプIIの構造の空間的な間接遷移を用いた赤外線検知器において、前記半導体超格子の一つの界面から次の界面の間で電子に対するポテンシャルエネルギーの低い組成から高い組成へと徐々に変化している層が周期的に繰り返されて成る構造の超格子を光吸収層に持つことを特徴とする赤外線検知器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は半導体の超格子構造を用いた赤外線検知器に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】一般に赤外線検知器、特に8~12 $\mu$ mの赤外線を吸収する検知器として、HgCdTeのバンド間の直接遷移を用いたもの、GaAs/AlGaAs超格子構造のサブバンド間での遷移を用いたもの、InAsSb/InSb歪超格子のバンド間での空間的な間接遷移を用いたものが知られている。

【0003】この中でHgCdTeを用いた赤外線検知器は、結晶成長時の組成の制御性、再現性が難しく、また材料が非常に脆いためにプロセスする上で種々の制約がある。GaAs/AlGaAs超格子構造を用いたものは、光吸収の原理上、試作されている素子は主に光伝導型のものであり、また層に垂直に入射する光に対する光学遷移がないため、消費エネルギーの点、及び構造上の点で二次元アレイ化には問題がある。

【0004】これに対し、InAlSb/InSb歪超格子構造を用いた赤外線検知器はHgCdTeを用いたものに比べて結晶成長、プロセスにおける前述した問題点、制限は少なく、またGaAs/AlGaAs超格子構造を用いたものに比べて光起電力型の素子が可能であり、層に垂直な入射光に対する光学遷移があるため、二次元アレイ素子を製作するには適している。

【0005】InAsSb/InSb歪超格子構造に関して、そのエネルギーバンド構造及び光学特性については雑誌“アプライド・フィジックス・レターズ (APPLIED PHYSICS LETTERS)”, 第53巻, 216頁, 1988年”にまた、赤外線検知器のデバイス構造、特性については雑誌“アイ・イー・イー・イー, エレクトロン・デバイス・レターズ (IEEE ELECTRON DEVICE LETTERS)”, 11巻, 54頁, 1990年”に掲載されている。また図3にタイプIIの超格子であるInAsSb/InSb歪超格子の電子、正孔のポテンシャル構造を示す。

【0006】組成及び各層厚より、InSb21の価電子帯とInAsSb22の伝導帯の間のエネルギーギャップを10~12 $\mu$ mに設定することができ、InSb21からInAsSb22への空間的な間接遷移23により赤外線の吸収を生じること、これをもとにInAsSb/InSb歪超格子を含むPIN構造を有した光起

電力型の赤外線検知器を製作し、10 $\mu$ m帯の波長で感度の指標と言える比検出能として10<sup>10</sup>cmHz<sup>1/2</sup>/W程度の値を得ていることが上記2つの文献に述べられている。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、この赤外線検知器には赤外線吸収の原理上、大きな欠点が存在する。

【0008】従来例でも述べたが、このようなタイプIIの超格子構造の光学遷移はInSb21の価電子帯からInAsSb22の伝導帯への空間的な間接遷移23により生じる。赤外線が吸収される割合即ち吸収係数は、価電子帯の正孔の波動関数のInAsSb層へのしみ出し24と、伝導帯の電子の波動関数のInSb層へのしみ出し25の大きさによって決まる。しみ出しの割合は組成や各層の厚さにもよるが、この構造では原理上それほど大きくすることはできず、従って、空間的な間接遷移23による遷移確率は非常に小さいものとする。吸収係数の値は、直接遷移を用いた半導体では数千~一万以上あるのに対し、この場合は100程度である。吸収係数は感度に直接影響を与えるため従来のタイプIIの超格子構造を用いたInAsSb/InSb歪超格子の赤外線検知器では、十分な特性を持つ素子を実現するのは困難である。

【0009】本発明の目的は、この欠点を除いた赤外線検知器を提供することにある。

## 【0010】

【課題を解決するための手段】本発明は、半導体超格子のタイプIIの構造の空間的な間接遷移を用いた赤外線検知器において、前記半導体超格子の一つの界面から次の界面の間で電子に対するポテンシャルエネルギーの低い組成から高い組成へと徐々に変化している層が周期的に繰り返されて成る構造の超格子を光吸収層に持つことを特徴とする。

## 【0011】

【作用】本発明の赤外線検知器の光吸収層に用いられる半導体超格子の電子、正孔のポテンシャル構造を図1に示し、これを用いて本発明の作用を説明する。

【0012】タイプIIの超格子の場合、電子に対するポテンシャルエネルギーの低い組成においては、正孔に対するポテンシャルエネルギーは高く、従って各々の波動関数は空間的には別のところに局在する。一つの界面A4から次の界面B5の間で半導体層の組成を電子に対するポテンシャルエネルギーの低いほうから高いほうへと徐々に変化させると、電子の波動関数3は界面A4の近傍に、正孔の波動関数2は界面B5の近傍に局在する。本発明ではこれらが周期的に繰り返されているために、ポテンシャル構造は鋸刃状になり、各界面近傍においては電子の波動関数と正孔の波動関数が、空間的に非常に近い位置に存在する。その結果、波動関数どうしの重な

りが従来の構造に比べ非常に大きくなり、光学的な遷移確率が増し、吸収係数の増大をもたらす。これにより感度の高い赤外線検知器が得られる。

【0013】

【実施例】次に、本発明の実施例を図1、図2を用いて説明する。

【0014】図2は本発明による赤外線検知器の断面図を示すものである。この赤外線検知器は、次のようにして製造した。MBE法により $n$ - $\text{InSb}$ 基板11上に $n$ - $\text{InSb}$ バッファ層12、 $i$ - $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  10 超格子光吸収層13、 $p$ - $\text{InSb}$ キャップ層14を順次成長した。各層の層厚は各々、 $1\mu\text{m}$ 、 $3\mu\text{m}$ 、 $1\mu\text{m}$ であり、 $n$ 層及び $p$ 層のキャリア濃度は $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 程度である。 $i$ - $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  超格子光吸収層13については、各層150オングストロームを200周期とした。組成に関しては図1を用いて説明するが、 $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  1の電子のポテンシャルの低い部分では $x=0.85$ 、高い部分では $x=1$ とし、その間で組成を徐々に変化させた。これを周期的に繰り返すことにより鋸刃状のポテンシャル構造を形成した。結晶 20 成長後、素子分離のためメサ型にエッチングし直径 $200\mu\text{m}$ の受光部を形成し、最後に $p$ 電極15、 $n$ 電極16を形成した。

【0015】つぎに実際の動作について説明する。10  $\mu\text{m}$ 帯の赤外光17は素子の上部、 $p$ 側より入射し $i$ - $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  超格子光吸収層13に達する。 $i$ - $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  超格子光吸収層13はその組成及びポテンシャル構造より、最低のエネルギー準位として10  $\mu\text{m}$ 程度の波長域にバンドギャップを持つ。赤外光17はこの層で吸収され電子、正孔が生成される。作用の 30 項でも述べたが、電子の波動関数3と正孔の波動関数2とは空間的には分離されているものの各界面近傍に局在しており、それらの重なりは大きいので、価電子帯から伝導帯への遷移確率は高い。従ってより多くの電子、正孔が生成される。これらは $p$ - $n$ 接合間の逆バイアスにより引っ張られ、各電極に到達し電気信号として取り出される。その際の感度は、光吸収層での吸収係数が大きいので、従来のタイプIIの超格子を用いた赤外線検知器に比べかなり高いものとなり、特性の優れた赤外線検知

器が得られることとなる。

【0016】本実施例ではタイプIIの超格子として $\text{InAsSb}/\text{InSb}$ 系の材料を用いたが、本発明の要求を満たすものであれば他の材料、例えば $\text{InAs}/\text{AlGaSb}$ 系等の材料を用いてもよい。またデバイス構造、各層の組成、厚さ、キャリア濃度も本実施例に限るものではない。

【0017】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明はタイプIIの超格子のポテンシャル構造を鋸刃状にすることで赤外光に対する吸収係数を大きくすることにより、従来のものに比べて感度の高い赤外線検知器を提供するものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるタイプIIの超格子のポテンシャル構造を説明するための図である。

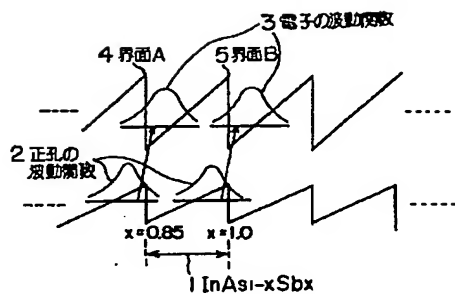
【図2】本発明の実施例である赤外線検知器の断面図である。

【図3】従来のタイプIIの超格子による赤外線検知器の光吸収層のポテンシャル構造を説明するための図である。

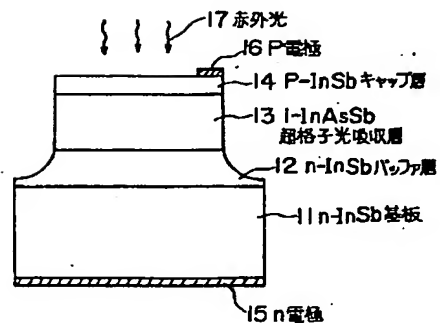
【符号の説明】

- 1  $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$
- 2 正孔の波動関数
- 3 電子の波動関数
- 4 界面A
- 5 界面B
- 11  $n$ - $\text{InSb}$ 基板
- 12  $n$ - $\text{InSb}$ バッファ層
- 13  $i$ - $\text{InAs}_{1-x}\text{Sb}_x$  超格子光吸収層
- 14  $p$ - $\text{InSb}$ キャップ層
- 15  $p$ 電極
- 16  $n$ 電極
- 17 赤外光
- 21  $\text{InSb}$
- 22  $\text{InAsSb}$
- 23 空間的な間接遷移
- 24 正孔の波動関数の $\text{InAsSb}$ 層へのしみ出し
- 25 電子の波動関数の $\text{InSb}$ 層へのしみ出し

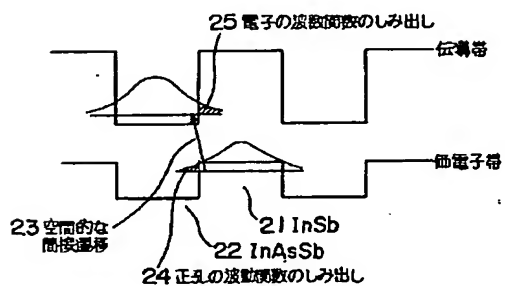
【図1】



【図2】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>3</sup>  
H01L 27/14

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ BLACK BORDERS

☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES

☐ FADED TEXT OR DRAWING

☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING

☐ SKEWED/SLANTED IMAGES

☒ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS

☐ GRAY SCALE DOCUMENTS

☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT

☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY

☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**